BEITRÄGE

ZUR

KENNTNIS DES PHOTOCHEMISCHEN KLIMAS DES YELLOWSTONE-GEBIETES UND EINIGER ANDERER GEGENDEN NORDAMERIKAS.

UNTER MITWIRKUNG VON L. R. v. PORTHEIM

VON

J. WIESNER,

W. M. K. AKAD.

VORGELEGT IN DER SITZUNG AM 4. JÄNNER 1906.

Im Anschlusse an meine der Reihe nach (zwischen 1895 bis 1901) veröffentlichten Beobachtungen über den Lichtgenuß der Pflanzen habe ich stets auch meine lichtklimatischen Aufzeichnungen bekannt gegeben.

So folgten meinen Untersuchungen über den Lichtgenuß der Vegetation von Wien, Kairo und Buitenzorg (Java)[1] die Untersuchungen über das photochemische Klima dieser Vegetationsgebiete[2] und den Ergebnissen meiner Studien über den Lichtgenuß der Pflanzen im arktischen Gebiete[3] die Zusammenstellung meiner dort ausgeführten photoklimatischen Beobachtungen.[4] Und so schließen sich die vorliegenden Beiträge zur Kenntnis des photochemischen Klimas im Yellowstonegebiete an meine bereits der Öffentlichkeit übergebene Studie über den Lichtgenuß der dortigen Vegetation an.[5]

Welcher Zusammenhang zwischen meinen Untersuchungen über den Lichtgenuß der Pflanzen und über das Lichtklima, zunächst über das photochemische Klima besteht, ist bereits in den zitierten Abhandlungen genügend auseinandergesetzt worden.

Der vorliegenden Abhandlung habe ich nur folgende Bemerkungen vorauszustellen.

Der Zweck meiner Studien über den Lichtgenuß der Pflanzen im Yellowstonegebiete bestand darin, die Änderung des Lichtgenusses der Pflanzen mit der Änderung der Seehöhe kennen zu lernen. Ich habe die Fragestellung in der betreffenden Abhandlung genau diskutiert und insbesondere auseinandergesetzt, warum ich gerade das genannte Vegetationsgebiet zu diesen Studien ausgewählt habe. Es geschah dies, um bei möglichst geringen Abweichungen der Lokalitäten in nordsüdlicher Richtung Örtlichkeiten vor mir zu haben, in welchen die Vegetation in große Höhen hinaufsteigt. Es sollte bei diesen Beobachtungen der Einfluß, welchen die Änderung der geographischen Breite auf den Lichtgenuß der Pflanzen ausübt, möglichst eliminiert sein.

---

[1] Sitzungsber. der kais. Akad. d. Wissensch., Wien, Bd. 104.

[2] Denkschr. der kais. Akad. d. Wissensch., Wien, Bd. 64.

[3] Sitzungsber. der kais. Akad. d. Wissensch., Wien, Bd. 109.

[4] Denkschr. der kais. Akad. d. Wissensch., Wien, Bd. 67.

[5] Sitzungsber. der kais. Akad. d. Wissensch.,Wien, Bd. 114 (1905).

Mit dieser Aufgabe steht der Plan der vorliegenden Abhandlung in innigstem Zusammenhange, welcher darin besteht, die Änderung der Lichtintensität mit der Seehöhe festzustellen, wobei ich mich wieder wie bisher der photochemischen Methode bediente.

Die in Anwendung gebrachte Methode ist genau dieselbe wie die, welche ich bei den früheren analogen Untersuchungen benützte.

Das Hauptresultat der einschlägigen Beobachtungen habe ich bereits in meiner Abhandlung über den Lichtgenuß der Vegetation des Yellowstonegebietes mitgeteilt, weil ich dessen zur Erläuterung meiner pflanzenphysiologischen Untersuchungen bedurfte. Es lautet dahin, daß mit steigender Seehöhe unter sonst gleichen Verhältnissen nicht nur die (chemische) Intensität des Lichtes (bis zu einer bestimmten Grenze) steigt, sondern daß mit der Zunahme der Seehöhe unter sonst gleichen Verhältnissen die Intensität des direkten Sonnenlichtes im Vergleiche zum diffusen Licht zunimmt.

Die Methode, welche ich bei früherer Gelegenheit stets in Anwendung brachte, um das Verhältnis der Intensität der direkten Sonnenstrahlung zu der des diffusen Lichtes zu bestimmen, schloß sich enge an das betreffende von Roscoe angegebene Verfahren an. Diese Methode bestand darin, daß auf dem Normalpapier bei unbedeckter Sonne durch das Tageslicht zwei Farbentöne erzeugt werden: Der eine (a) wird durch das Gesamtlicht hervorgerufen, der zweite (b) entsteht im Schatten einer kleinen matt geschwärzten Metallkugel, welche über dem Normalpapier fixiert ist. Letztere hält die direkten Sonnenstrahlen ab und gestattet dem diffusen Lichte fast ungehemmt Zutritt zur Fläche des Normalpapieres. Der Ton a ist begreiflicherweise viel intensiver als der Ton b. Der Ton a läßt die Bestimmung der Intensität des Gesamtlichtes (I), der Ton b die Bestimmung der Intensität des diffusen Lichtes (i) zu. Es ist nur notwendig, festzustellen, welche Zeit — bei konstant bleibender Beleuchtung — erforderlich ist, um auf dem Normalpapier den Ton a, beziehungsweise b hervorzubringen. Die gefundenen Zeiten sind der herrschend gewesenen Intensität direkt proportional. Ich erhalte somit die Werte I (Intensität des Gesamtlichtes) und i (Intensität des diffusen Tageslichtes), aus welchen sich ergibt: $I - i =$ Intensität der direkten Sonnenstrahlung.

Diese Methode ist insofern umständlich, als ich nach Beendigung der direkten Bestimmung, d. i. nachdem die beiden Farbentöne a und b erhalten worden sind, erst im konstanten Lichte die Zeitermittlung vorzunehmen habe, aus welcher das Verhältnis der Intensität des Gesamtlichtes und der Intensität des diffusen Lichtes sich rechnungsmäßig feststellen läßt, oder in noch umständlicherer Weise mit Zuhilfenahme der Bunsen-Roscoe'schen Skala die Intensitätsbestimmung vornehmen muß.

Es ist mir nun gelungen, eine einfache, höchst expeditive Methode zu finden, welche direkt zur Kenntnis der Intensität des Gesamtlichtes und der Intensität des diffusen Lichtes führt und die, wie die vergleichende Bestimmung lehrt, an Genauigkeit der früheren Methode nicht nachsteht.

Dieses neue Verfahren besteht nun in folgendem: Ich richte bei Sonnenschein den ordnungsmäßig adjustierten Insolator horizontal, aber so, daß das Normalpapier von der vollen Sonne getroffen wird. Es wird nun die Zeit bestimmt, welche erforderlich ist, damit auf dem Normalpapier der Normalton (1) oder, allgemein gesagt, ein Ton x erscheint. Nun wendet sich der Beobachter, welcher zuerst die Sonne vor sich hatte, um 180°, so daß er die Sonne im Rücken hat und der Insolator, beziehungsweise das Normalpapier im Schatten seines Kopfes zu liegen kommt. Nun wird die Zeit bestimmt, welche nötig ist, damit auf dem beschatteten Normalpapier der Normalton 1 oder, allgemein gesagt, der Ton x erscheint. Die hiebei erhaltenen Zeiten sind der Intensität des Gesamtlichtes I, beziehungsweise der Intensität des diffusen Lichtes i umgekehrt proportional; es ergibt sich auch hier aus dem Unterschied von I und i die Intensität der direkten Sonnenstrahlung.

Es würde z. B. ein Zeitraum von 8 Sekunden erforderlich sein, damit bei Sonnenbeleuchtung der Ton 1 auf dem Normalpapiere zum Vorschein kommt, und 27 Sekunden, damit dieser Ton auf dem durch meinen Kopf beschatteten Normalpapier erscheint. Es ist dann die Intensität des Gesamtlichtes $I = 1 : 8 = 0{\cdot}125$, die Intensität des diffusen Lichtes $i = 1 : 27 = 0{\cdot}037$, mithin die Intensität der direkten Sonnenstrahlung $I - i = 0{\cdot}088$.

Bei dieser Methode wird derselbe Fehler gemacht, der sich immer einstellt, wenn nach dem von mir angegebenen Verfahren die chemische Lichtintensität bestimmt wird. Theoretisch ist der erhaltene Intensitätswert zu klein, da bei der direkten Bestimmung[1] der Beobachter dem lichtempfindlichen Papiere einen, wenn auch kleinen Teil des gesamten Himmelslichtes entzieht. Es ist ganz selbstverständlich, daß man bestrebt sein muß, diesen Fehler so viel als möglich zu verringern. Ich habe dies ja schon des öfteren hervorgehoben. Man muß eben trachten, die Stellung des Insolators zum Beobachter so einzurichten, daß ersterem durch den Körper des letzteren so wenig als möglich Licht entzogen werde. Man beobachte mit unbedecktem Kopfe oder bedecke den Kopf mit einer möglichst wenig voluminösen Kappe. Man halte den selbstverständlich stets horizontal gerichteten Insolator möglichst hoch und möglichst weit vom Kopfe entfernt, etwa in der Höhe des Kinnes oder des Mundes, und so weit entfernt, daß man die Farbenunterschiede zwischen Normalton (oder überhaupt Vergleichston) und dem sich färbenden Normalpapier noch gut wahrnehmen kann. Ich habe ja schon bei früherer Gelegenheit auseinandergesetzt, daß man nach meiner Methode, wenn sie nur rationell gehandhabt wird, genauere Resultate erhält als nach dem Roscoe'schen Verfahren, welches auf der Verwendung einer Vergleichsskala beruht.[2] Dies gilt für die Intensitätsbestimmung im allgemeinen. Was nun die hier zuerst vorgeführte Bestimmung der Intensität des direkten Sonnenlichtes und des diffusen Tageslichtes anbelangt, so ist vor allem klar, daß sowohl bei dem Roscoe'schen Verfahren als bei meiner Methode die Werte für die Intensität des diffusen Lichtes im Vergleiche zu denen der Intensität des direkten Lichtes zu klein sind. Doch spielt dieser Fehler bei sorgsamer Durchführung der Bestimmung, namentlich bei vergleichenden Versuchen — und bloß um solche handelt es sich hier — nur eine ganz untergeordnete Rolle.

Durch vergleichende Beobachtungen habe ich mich überzeugt, daß die nach meinem Verfahren ermittelten Bestimmungen der Intensität des direkten Sonnen- und diffusen Tageslichtes hinter denen nicht zurückstehen, welche nach dem Roscoe'schen Verfahren erzielt werden. Dies erscheint auf den ersten Blick allerdings befremdlich, da durch die kleine mattschwarze Metallkugel doch weniger diffuses Licht abgehalten wird als durch den Kopf des Beobachters. Allein die Kugel, welche über dem Normalpapier fixiert ist, nimmt gerade einen Teil des Zenith'lichtes, also des stärksten diffusen Lichtes fort, während bei meinem oben beschriebenen Verfahren das Zenithlicht auf das Normalpapier fällt.

Man könnte gegen meine Methode einwenden, daß die Bestimmung von I und i nicht gleichzeitig geschieht und in der Zwischenzeit vielleicht schon eine Änderung der Intensität eingetreten sei. Durch Wiederholung der Bestimmungen von I und i kann man sich vor größeren Fehlern bewahren. Man kann aber den Fehler ganz vermeiden, wenn zwei Beobachter gleichzeitig tätig sind, von denen der eine I und der andere i bestimmt.[3]

Viele der nachfolgenden Beobachtungen sind gleichzeitig von zwei Beobachtern angestellt worden, nämlich von mir und Herrn v. Portheim, beziehungsweise von einem von uns beiden und Herrn Siegfried Strakosch, welcher uns auf der Reise bis Norris begleitete. Ich bemerke, daß Herr Strakosch zum Zwecke von Lichtgenußstudien sich vorher monatelang mit Lichtmessungen beschäftigte und mit meinem Verfahren sehr vertraut ist.

---

[1] Bei indirekter Bestimmung gelingt es, diesen Fehler zu vermeiden. Diese indirekte Bestimmung ist aber umständlich und zeitraubend.

[2] Wiesner, Untersuchungen über das photochemische Klima von Wien etc., p. 92.

[3] Durch Übung kann man den bei meinem Verfahren der direkten Bestimmung des diffusen und parallelen Sonnenlichtes sich einstellenden Fehler fast auf Null reduzieren, wenn man durch einen Vorversuch die beiläufige Dauer der Lichtwirkung, welche zur Erreichung des Normaltones (oder eines anderen Tones) erforderlich ist, ermittelt, dann möglichst frei exponiert, so zwar, daß nur so weit der Kopfschatten zur Wirkung gebracht wird, als zur Erreichung des Schattentones erforderlich ist, wobei der Vergleich von Normalton und Normalpapier während des größten Teils des Versuches nicht nötig ist, und daß man erst gegen Schluß des Versuches den Insolator so stellt, daß der Vergleich der Töne durchgeführt werden kann. Aber selbst ohne Anwendung dieses Kunstgriffes erhält man brauchbare Werte, deren Fehler noch innerhalb der Fehlergrenzen des Verfahrens liegen (± 4—5 Prozent).

Wie aus der vorstehenden Darstellung hervorgeht, machen gleich meinen früheren Bestimmungen über Lichtgenuß und photochemisches Klima auch die nachfolgend mitgeteilten Beobachtungen auf große Genauigkeit keinen Anspruch, sondern sind mit einem Fehler von ± 4—5 Prozent behaftet. Dennoch sind sie, wie ich glaube, genau genug, um zu den Schlüssen zu berechtigen, welche aus denselben gezogen wurden.

Ehe ich unsere Beobachtungen mitteile, scheint es mir passend, die Resultate der Messungen, welche bisher über das Verhältnis der chemischen Intensität des direkten Sonnenlichtes zur chemischen Intensität des diffusen Tageslichtes angestellt wurden, in gedrängter Kürze anzugeben.

Im großen ganzen zeigt sich für gleiche Erdpunkte eine Zunahme der chemischen Intensität des direkten Sonnenlichtes mit der Sonnenhöhe. Es wurde für Wien gefunden, daß bei höchsten Sonnenständen die chemische Intensität des direkten Sonnenlichtes doppelt so groß werden kann als die des diffusen Lichtes.[1] In Kremsmünster wurde von Prof. P. Franz Schwab[2] gefunden, daß bei höchstem Sonnenstande die chemische Intensität des direkten Sonnenlichtes eineinhalbmal so groß ist als die des diffusen. In vereinzelten Fällen wurde aber erstere zwei- bis dreimal so groß als letztere gefunden.

Wie sehr das Verhältnis der direkten Strahlung zur diffusen von atmosphärischen Zuständen selbst bei unbedeckt erscheinender Sonne, beziehungsweise unbedeckt erscheinendem Himmel abhängt ist daraus zu ersehen, daß Roscoe in Heidelberg bei einer Sonnenhöhe von 42·5°, hingegen in Lissabon bei einer Sonnenhöhe von 51° die Intensität der direkten Strahlung gleich jener der diffusen gefunden hat. L. Linsbauer hat zu verschiedenen Zeiten in Wien bei unbedeckter Sonne diese Gleichheit häufig bei 57°, einmal aber schon bei 33° Sonnenhöhe beobachtet. Für Kremsmünster wurde konstatiert, daß allerdings häufig bei einer Sonnenhöhe von 35° beide Lichtstärken einander gleichen, allein die einzelnen Messungen weichen häufig sehr weit von diesem Werte ab.[3]

Das Verhältnis der Intensität des direkten Sonnenlichtes (I_s) zu dem des diffusen (I_d) läßt sich nur bei S_3 und S_4 bestimmen, nicht bei S_0 bis S_2, weil in den letzten Fällen nur das diffuse Licht zur Geltung kommt. Das Verhältnis $I_s : I_d$ ist begreiflicherweise bei S_3 ein anderes als bei S_4. In Wien wurde gefunden, daß die Gleichheit von I_s und I_d sich bei einer Sonnenhöhe von 57° einstellt, wenn die Sonne völlig unbedeckt ist (S_4), hingegen wenn die Sonne etwas verschleiert ist (S_3), erst bei 62°.[4]

Das Verhältnis von $I_d : I_s$ erscheint also selbst bei anscheindend gleicher Himmelsbedeckung für gleiche Sonnenhöhen nicht konstant, doch lehrt eingehende Beobachtung, daß, wie schon bemerkt, im großen ganzen für jeden Erdpunkt die chemische Intensität des direkten Sonnenlichtes im Vergleiche zur chemischen Intensität des diffusen Lichtes mit der Zunahme der Sonnenhöhe steigt.

In den nachfolgenden Tabellen bedeutet:

O . . Ort der Beobachtung,
T . . Tag der Beobachtung,
St . . Tagesstunde,
Br . . geographische Breite des Beobachtungsortes,
H . . Seehöhe,
Sh . . Sonnenhöhe,
S_x . . Grad der Sonnenbedeckung ($S_4 \ldots S_0$)[5],

---

[1] Wiesner, Photochemisches Klima von Wien etc., pag. 128.

[2] Schwab, Über das photochemische Klima von Kremsmünster. Denkschr. der kais. Akad. d. Wissensch., Wien, Bd. 74 (1904), p. 169.

[3] Schwab, l. c., p. 169.

[4] Nach Beobachtungen, welche Dr. L. Linsbauer auf meine Veranlassung anstellte. Wiesner, l. c., p. 128.

S_4 wie immer in meinen Schriften völlig unbedeckt erscheinende Sonne; S_0 vollkommen bedeckte Sonne; bei diesem Bedeckungsgrade ist auch der Ort am Himmel nicht wahrzunehmen, an welchem die Sonne sich befindet.

[5] Über die Bedeutung von S_4, bis S_0 s. Wiesner, Photochemisches Klima von Wien etc., l. c., p. 98.

B_x . . Grad der Himmelsbedeckung ($B_0 \ldots B_{10}$),
I_g . . chemische Intensität des gesamten Tageslichtes,
I_d . . » » » diffusen Lichtes,
I_s . . » » » direkten Sonnenlichtes.

I. Fortlaufende Beobachtungen über die chemischen Lichtintensitäten, ferner über die Intensität des diffusen Tages- und des direkten Sonnenlichtes (11. August bis 9. September 1904).

O	T	St	Br	H	Sh	Sx	Bx	Ig	Id	Is	Id : Is
Atlantischer Ozean	11. August	12^h	49° 38'	0	55° 43'	S_4	B_3	1·063	0·521	0·542	1 : 1·04
	12. August	$11^h 25^m$	48° 9'		56° 19'	S_4	B_6	1·192	0·596	0·596	1 : 1·00
		12^h			56° 52'	S_4	B_6	1·185	0·585	0·600	1 : 1·03
	14. August	10^h	43° 12'		52° 7'	S_4	B_3	1·063	0·506	0 557	1 : 1·10
		11^h			58° 54'	S_3	B_6	0·850	0·450	0·400	1 : 0·88
		12^h			61° 15'	S_{3-4}	B_4	1·064	0·532	0·532	1 : 1·00
		1^h			58° 5'	S_4	B_3	1·256	0·521	0·735	1 : 1·41
	15. August	11^h	40° 59'		60° 34'	S_3	B_6	0·895	0·563	0·332	1 : 0·58
		12^h			63° 9'	S_3	B_8	0·921	0·580	0·341	1 : 0·58
		$12^h 55^m$			60° 13'	S_3	B_2	1·154	0·721	0·433	1 : 0·60
St. Paul	22. August	10^h	44° 55'	230 *m*	46° 5'	S_4	B_0	0·942	0·361	0·581	1 : 1·61
		11^h			53° 10'	S_4	B_0	1·000	0·375	0·625	1 : 1·66
		12^h			56° 41'	S_4	B_1	1·079	0·369	0·710	1 : 1·92
		1^h			55° 29'	S_4	B_0	1·088	0·372	0·716	1 : 1·92
Bismarck	24. August	$9^h 15^m$	46° 49'	515 *m*	42° 18'	S_{3-4}	B_4	0·800	0·328	0·472	1 : 1·43
		$9^h 35^m$			44° 50'	S_4	B_3	0·820	0·310	0·510	1 : 1·64
		10^h			47° 56'	S_{3-4}	B_3	0·900	0·345	0·555	1 : 1·61
		11^h			53° 3'	S_4	B_1	1·054	0·372	0·682	1 : 1·83
		12^h			54° 14'	S_{3-4}	B_3	0·988	0·422	0·566	1 : 1·34
Billings	25. August	12^h	45° 46'	950 *m*	54° 45'	S_4	B_0	1·025	0·375	0·650	1 : 1·73
		$12^h 30^m$			54° 30'	S_4	B_0	1·020	0·362	0·658	1 : 1·81

O	T	St	Br	H	S_h	S_x	B_x	I_g	I_d	I_s	$I_d : I_s$
Billings	25. August	1^h	45° 46'	950 *m*	53° 43'	S_4	B_0	1·080	0·392	0·688	1 : 1·75
		$2^h\ 10^m$			47° 20'	S_4	B_0	0·925	0·345	0·580	1 : 1·68
		$3^h\ 10^m$			39° 4'	S_4	B_0	0·640	0·247	0·393	1 : 1·59
		$4^h\ 15^m$			28° 49'	S_4	B_0	0·570	0·285	0·285	1 : 1·00
		$5^h\ 10^m$			19° 7'	S_4	B_0	0·281	0·170	0·111	1 : 0·65
		$6^h\ 50^m$			1° 48'	S_4	B_0	0·014	0·011	0·003	1 : 0·27
	26. August	$7^h\ 10^h$ a.			16° 54'	S_4	B_1	0·200	0 124	0·076	1 : 0·61
Livingstone	27. August	7^h	45° 40'	1367 *m*	13° 31'	S_4	B_1	0·236	0·124	0·112	1 : 0·90
		8^h			23° 55'	S_{3-4}	B_1	0·400	0·236	0·164	1 : 0·69
		9^h			33° 57'	S_{3-4}	B_5	0 685	0·300	0·385	1 : 1·28
		10^h			42° 58'	S_{3-4}	B_5	1·000	0·358	0·642	1 : 1·79
		11^h			50° 8'	S_4	B_4	1·190	0·397	0·793	1 : 1·99
		12^h			53° 59'	S_4	B_3	1·280	0·420	0·860	1 : 2·04
Mammoth Hot Springs	28. August	$3^h\ 10^m$	44° 58'	1946 *m*	39° 50'	S_4	B_5	0·680	0·255	0·425	1 : 1·66
	29. August	9^h a.			33° 44'	S_3	B_6	0·642	0·361	0·281	1 : 0·78
		$10^h\ 30^m$			46° 46'	S_{3-4}	B_6	0·785	0·368	0·417	1 : 1·13
		12^h			54° 0'	S_3	B_8	0·980	0·411	0·569	1 : 1·38
		1^h			53° 29'	S_{2-3}	B_8	0·480	0·300	0·180	1 : 0·60
		2^h			48° 44'	S_{3-4}	B_6	1·000	0·360	0·640	1 : 1·77
		3^h			40° 59'	S_4	B_6	1·052	0·318	0·734	1 : 2·30
	30. August	7^h a.			12° 52'	S_4	B_0	0·216	0 116	0·100	1 : 0·86
		8^h			23° 24'	S_4	B_4	0·498	0·183	0·315	1 : 1·72
		9^h			33° 31'	S_4	B_5	1·045	0 320	0·725	1 : 2·26
		10^h			42° 38'	S_{2-3}	B_6	0·643	0·315	0·328	1 : 1·04
		11^h			49° 47'	S_4	B_5	1·220	0·340	0·880	1 : 2·58
		12^h			53° 39'	S_4	B_4	1·420	0·364	1·056	1 : 2·90
		1^h			53° 7'	S_{3-4}	B_6	1·120	0·525	0·595	1 : 1·13

O	T	St	Br	H	S_h	S_x	B_x	I_g	I_d	I_s	$I_d : I_s$
Mammoth Hot Springs	30. August	2^h	44° 58'	1946 *m*	48° 22'	S_4	B_4	1·250	0·351	0·899	1 : 2·56
		3^h			40° 39'	S_3	B_3	0·912	0·406	0·506	1 : 1·24
		5^h			21° 2'	S_2	B_7	0·177	0·098	0·079	1 : 0·79
	1. September	$6^h\ 30^m$ a.			7° 18'	S_4	B_0	0·177	0·111	0·066	1 : 0·59
		7^h			12° 28'	S_4	B_1	0·198	0·108	0·090	1 : 0·83
Norris		12^h	44° 44'	2212 *m*	53° 11'	S_4	B_3	1·666	0·300	1·366	1 : 4·55
		1^h p.			52° 36'	S_4	B_5	1·726	0·406	1·320	1 : 3·25
Cañon	2. September	9^h	44° 45'	2350 *m*	33° 5'	S_4	B_0	1·084	0·278	0·806	1 : 2·89
		10^h			42° 58'	S_4	B_0	1·128	0·313	0·815	1 : 2·60
		11^h			40° 9'	S_4	B_1	1·278	0·382	0·896	1 : 2·34
		12^h			52° 51'	S_{3-4}	B_1	1·315	0·409	0·906	1 : 2·21
		1^h			52° 11'	S_{3-4}	B_3	1·299	0·433	0·866	1 : 2·00
		$1^h\ 5^m$			51° 55'	S_4	B_3	1·582	0·340	1·242	1 : 3·65
Paint Pot	3. September	11^h a.	44° 42'	2215 *m*	48° 46'	S_{3-4}	B_0	1·286	0·421	0·865	1 : 2·05
Old faithful		5^h p.	44° 28'	2245 *m*	19° 56'	S_4	B_0	0·300	0·126	0·174	1 : 1·38
	4. September	11^h a.			48° 36'	S_4	B_1	1·588	0·348	1·240	1 : 3·56
		$11^h\ 15^m$			49° 56'	S_4	B_1	1·600	0·351	1·249	1 : 3·56
		12^h			52° 22'	S_4	B_1	1·923	0·406	1·517	1 : 3·73
		1^h			51° 47'	S_4	B_1	2·083	0·425	1·658	1 : 3·90
Pocatello	7. September	2^h	42° 51'	1360 *m*	48° 8'	S_4	B_0	0·990	0·278	0·712	1 : 2·56
Salt Lake	8. September	11^h a.	40° 46'	1290 *m*	49° 50'	S_4	B_0	1·120	0·283	0·837	1 : 2·95
		3^h p.			41° 8'	S_4	B_1	0·800	0·310	0·490	1 : 1·58
	9. September	11^h			49° 32'	S_{3-4}	B_3	1·200	0·412	0·788	1 : 1·91

Bei Durchsicht dieser Ziffern kann dem aufmerksamen Leser zweierlei nicht entgehen: erstens, daß bisher niemals so hohe Werte der chemischen Intensität zur Beobachtung kamen als in den mitgeteilten Beobachtungen; zweitens, daß niemals bis jetzt im Vergleiche zum diffusen Lichte so hohe Werte für die chemische Intensität des direkten Sonnenlichtes verzeichnet wurden, als in obiger Tabelle.

Was zunächst den ersten Punkt anlangt, so war der höchste Intensitätswert, den ich in Buitenzorg beobachtete (zwischen dem 22. November 1903 und dem 4. März 1904) 1·612, wobei indes zu bemerken, daß dort in der Beobachtungszeit bei hohen Sonnenständen die Sonne und überhaupt der Himmel in der Regel mit Wolken bedeckt war. Nach meinen zweijährigen Wiener Beobachtungen betrug die höchste daselbst beobachtete chemische Lichtintensität 1·500. Nicht viel höher lagen die höchsten (normalen) in Kremsmünster von Direktor P. Franz Schwab[1] beobachteten Maxima, obgleich der genannte Forscher ungemein zahlreiche Beobachtungen anstellte. In der kurzen Beobachtungszeit von etwa 30 Tagen fand ich mehrere Werte, welche höher als die bisher beobachteten waren, und zwar bei Sonnenhöhen, welche niederer lagen als die höchsten in Wien, Kremsmünster und Buitenzorg zur Beobachtung gekommenen: 1·666 und 1·726 in Norris, 1·923 und 2·083 in Old faithful.

Während nach den Wiener Beobachtungen die Intensität des direkten Sonnenlichtes höchstens das Doppelte des diffusen erreichte und die langjährigen Kremsmünster Beobachtungen bei höchsten Sonnenständen ergaben, daß die Intensität des direkten Lichtes höchstens anderthalbmal und nur ganz vereinzelt zwei- bis dreimal höher waren als die des zerstreuten, fand ich verhältnismäßig häufig das Verhältnis von diffusem Lichte (I_d) zum direkten Sonnenlichte (I_s) bezüglich der Intensität wie 1 : 2 oder 1 : 3, ja sogar wie 1 : 4 und 1 : 4·5.[2]

Wie die Einsicht in die Tabellen lehrt, finden sich alle diese hohen Werte (der Intensität des Gesamtlichtes, beziehungsweise der Intensität des direkten Sonnenlichtes) auf Standorten von großer Seehöhe.

Selbstverständlich wurden die hohen Intensitätswerte nur bei völlig unbedeckter Sonne (S_4) und im allgemeinen bei großen Sonnenhöhen gefunden. Doch zeigen sich, wie dies ja die früheren in Wien, Kairo, Buitenzorg und auf Java angestellten Beobachtungen lehrten, mancherlei Unregelmäßigkeiten, indem beispielsweise bei S_4 hin und wieder das Maximum nicht auf den Mittag, sondern früher oder später fiel und insbesondere in Kairo eine förmliche Depression der Intensitätskurve zur Mittagszeit sich einstellte, was natürlich auf Zustände der Atmosphäre, die sich der Beobachtung entzogen haben, zurückzuführen ist. So z. B. in

St. Paul	11^h I = 1·000;	12^h I = 1·079;	1^h I = 1·088
Billings		12^h I = 1·025;	1^h I = 1·080
Old faithful . . .	11^h I = 1·588;	12^h I = 1·923;	1^h I = 2·083.

Aber auch andere Unregelmäßigkeiten in Bezug auf das Verhältnis der chemischen Lichtintensität zur Sonnenhöhe finden sich in obigen Beobachtungen ebenso vor, wie in allen früheren, deren Ursachen wohl auch stets wieder in der Beobachtung sich entziehenden Zuständen der Atmosphäre gelegen sind.

Indes im großen ganzen zeigt sich bei unbedeckter Sonne eine Zunahme der Intensität[3] der Strahlung mit der Zunahme der Sonnenhöhe.

Es empfiehlt sich deshalb, um die Beziehung der chemischen Intensität des Lichtes zur Seehöhe kennen zu lernen, jene Werte zu vergleichen, die — selbstverständlich bei S_4 — aber auf verschiedenen Seehöhen bei angenähert gleicher Sonnenhöhe, erzielt wurden.

Ich wähle jene Werte aus, welche bei einer Sonnenhöhe von beiläufig 53° erhalten wurden.

---

[1] Der höchste Wert, den Direktor Schwab (l. c., p. 161) bei seinen fünfjährigen Beobachtungen in Kremsmünster (Beobachtungsort 384 *m* Seehöhe) in den Monaten Mai, Juni und Juli erhielt, lagen zwischen 1·500 und 1·600. Ganz vereinzelt wurden Werte zwischen 1·700—1·900 beobachtet.

[2] Die in obiger Tabelle mitgeteilten Intensitätswerte basieren auf zumeist gleichzeitig von zwei Beobachtern konstatierten nahezu oder gänzlich übereinstimmenden Werten. Einige vereinzelte Beobachtungen in Paint Pot und in Old faithful bei S_4, welche, weil ich sie nicht für genügend verläßlich hielt, in obigen Tabellen nicht erscheinen, ergaben ein Verhältnis $I_d : I_s$ = 1 : 5, ja sogar wie 1 : 7.

[3] Wenn im nachfolgenden von Intensität kurzweg gesprochen wird, so ist immer I_g, nämlich Intensität des Gesamtlichtes zu verstehen.

	Seehöhe	Intensität
Atlantischer Ozean	0 *m*	1·063
St. Paul	230	1·000
Bismarck	515	1·054
Billings	955	1·080
Livingstone	1367	1·280
Mammoth Hot Springs . . .	1946	1·420
Norris	2212	1·666
Cañon	2350	1·582
Old faith ful	2245	1·923

Eine strenge Gesetzmäßigkeit im Verhältnis von Seehöhe und Intensität ist den angestellten Beobachtungsergebnissen allerdings nicht zu entnehmen, aber eine Zunahme der Intensität mit der Seehöhe ist doch unverkennbar ausgesprochen.

Nicht unerwähnt möchte ich lassen, daß die gesamte Intensität über dem Ozean bei gleicher Sonnenhöhe höher ist als in St. Paul (Seehöhe 230 *m*), ja selbst in Bismarck (515 *m*). Es ist dies wohl nicht etwas Zufälliges. Es geht dies ja auch aus anderen Vergleichen hervor. Es scheint mir nun auffallend, daß die über dem Meere gefundenen Werte für die diffuse Strahlung relativ hoch gelegen sind. Es scheint aus von mir angestellten Beobachtungen hervorzugehen, daß über dem Ozean im Vergleiche zu geringen Höhen auf dem festen Lande eine relativ große Intensität des diffusen Lichtes herrscht, welche groß genug ist, um die Intensität des Gesamtlichtes über dem Meere größer erscheinen zu lassen als die Intensität des Gesamtlichtes auf dem Festlande bei geringer Erhebung des Terrains.

Ich halte, wie gesagt, dafür, daß die hier vorgeführte relative Verstärkung des Gesamtlichtes und speziell des diffusen Lichtes nichts Zufälliges ist. Weitere auf diesen Punkt gerichtete Untersuchungen werden festzustellen haben, ob über dem Meere infolge gesteigerter Menge des diffusen Lichtes eine Verstärkung des Gesamtlichtes im Vergleiche zum (nicht hoch sich erhebenden) Festlande bei sonst gleich bleibenden Verhältnissen zur Geltung kommt.

Falls nun diese Erscheinung durch spätere Beobachtungen sich als tatsächlich begründet darstellen sollte, so dürfte sie vielleicht in erster Linie darauf zurückzuführen sein, daß die Meeresoberfläche weit mehr Licht reflektiert als der Boden, wodurch eine Menge von Licht als diffuses Licht der Atmosphäre wieder zurückgegeben werden würde, welche ausfallen müßte, wenn das Licht auf den Boden gelangt und hier in größerer Menge zur Absorption gekommen wäre. Es ist anzunehmen, daß das von der Meeresoberfläche reflektierte Sonnenlicht in der Atmosphäre zerstreut wird und so zur Verstärkung des diffusen Lichtes beiträgt.

Doch möchte vielleicht auch in Betracht zu ziehen sein, daß die über dem Meere herrschende Staubfreiheit auf die Stärke des diffusen Lichtes Einfluß nimmt. Die von mir in Kairo angestellten Beobachtungen haben ja gelehrt, welchen Einfluß die in der Luft reich verteilten Staubteilchen auf die Lichtintensität ausüben. Es dürfte wohl auch der Gehalt an Wasserdampf nicht ohne Einfluß auf die Lichtintensität sein.

Ich komme nun zu einigen vergleichenden Beobachtungen, von denen ich mir besonders günstige Resultate versprach, nämlich zu Intensitätsbestimmungen, welche gleichzeitig auf verschiedenen Höhen vorgenommen wurden. Leider fielen die Beobachtungen nicht so gut aus, als ich hoffte, da die Sonne auf den Höhen häufig so stark bedeckt war, daß die Bestimmung des Verhältnisses $I_d : I_s$ oft mißlang, während die bisher vorgeführten Beobachtungen bei im ganzen sehr günstigen Verhältnissen der Himmelsbeleuchtung vorgenommen werden konnten.

Es wurden von mir in Gemeinschaft mit Herrn L. v. Portheim mehrere Versuche gemacht, um gleichzeitig auf verschiedenen Seehöhen sowohl die Intensität des Gesamtlichtes als die Intensität des Sonnen- und diffusen Lichtes vergleichsweise zu bestimmen.

Am 29. August wurde verglichen Mammoth Hot Springs (1946 *m*) mit Mountain Sepulchre (2450 *m*).

Am 30. August erfolgte der Vergleich von Mammoth Hot Springs (1946 *m* mit Mount Everts (2710 *m*).

Am 2. September wurden vergleichende Beobachtungen in der Nähe des Cañon-Hotels (2359 *m*) und auf dem Mt. Washburne (3150 *m*) angestellt.[1]

Endlich beobachtete ich am 12. September in der Höhe von Colorado Springs (1860 *m*) und gleichzeitig Herr v. Portheim auf dem Pike's Peak (4310 *m*).

Die Himmelsbedeckung sowohl auf dem Mountain Sepulchre als auf dem Pike's Peak war leider fast durchaus eine so starke, daß die Beobachtungen zum Vergleiche mit den auf den tieferen Stationen vorgenommenen nicht herangezogen werden konnten.

Hingegen ließen sowohl die auf Mt. Everts als auf dem Mt. Washburne angestellten Beobachtungen einige brauchbare Vergleiche mit denen der unteren Standorte zu.

Ich lasse hier die betreffende Beobachtungsreihe folgen.

Mammoth Hot Springs — Mt. Everts.

Die Beobachtungen wurden zwischen 11^h a. und 3^h p. an dem genannten Tage angestellt, und zwar am unteren Beobachtungsorte von mir, am oberen von L. v. Portheim.

Mamoth Hot Springs.			Mt. Ewerts.		
11^h a. S_4 B_5	I_g . . 1·220 I_d . . 0·340 I_s . . 0·880	$I_d : I_s = 1 : 2·258$	11^h a. S_3 B_6	I_g . . 1·140 I_d . . 0·405 I_s . . 0·735	$I_d : I_s = 1 : 1·81$
12^h S_4 B_4	I_g . . 1·420 I_d . . 0·364 I_s . . 1·056	$I_d : I_s = 1 : 2·90$	12^h S_3 B_4	I_g . . 1·119 I_d . . 0·290 I_s . . 0·829	$I_d : I_s = 1 : 2·85$
1^h p. S_{3-4} B_6	I_g . . 1·120 I_d . . 0·525 I_s . . 0·595	$I_d : I_s = 1 : 1·13$	1^h p. S_3 B_5	I_g . . 0·922 I_d . . 0·281 I_s . . 0·631	$I_d : I_s = 1 : 2·24$
2^h p. S_4 B_4	I_g . . 1·250 I_d . . 0·351 I_s . . 0·899	$I_d : I_s = 1 : 2·56$	2^h p. S_4 B_4	I_g . . 1·314 I_d . . 0·341 I_s . . 0·973	$I_d : I_s = 1 : 2·85$
3^h p. S_3 B_3	I_g . . 0·912 I_d . . 0·406 I_s . . 0·506	$I_d : I_s = 1 : 1·24$	3^h p. S_3 B_5	I_g . . 1·105 I_d . . 0·395 I_s . 0·710	$I_d : I_s = 1 : 1·80$

Völlig vergleichbar sind diese gleichzeitig gewonnenen Daten nicht, da der Grad der Sonnensichtbarkeit und der Himmelsbedeckung an den beiden Beobachtungsorten nur zum Teile miteinander übereinstimmten, nämlich nur um 2^h p. und sehr angenähert um 3^h p., während um 11^h, 12^h und 1^h die Beleuchtungsverhältnisse unten günstiger waren als oben.

---

[1] Höhe des Beobachtungspunktes.

Was zunächst die um 11^h angestellte Beobachtung anlangt, so ist es begreiflich, daß oben die Gesamtintensität geringer ausfiel als unten, denn unten erschien die Sonne unbedeckt (S_4), oben etwas verschleiert (S_3). Rechnet man nach dem von Schwab angegebenen Verfahren [1] die Intensität von S_3 auf S_4 um, so erhält man für den oberen Standort $I_g = 1·36$, also eine größere Intensität als auf dem unteren Standorte, mithin eine Bestätigung unserer früheren Erfahrungen bezüglich der Zunahme der Intensität des Lichtes mit der Höhe. I_d und I_s lassen sich aber begreiflicherweise von S_3 auf S_4 nicht umrechnen, so daß sich nicht darstellen läßt, welches Verhältnis von diffusem Licht zu direktem geherrscht hätte, wenn die Sonne ganz unbedeckt geblieben wäre.

Bezüglich der 12^h-Beobachtung liegt die Sache ähnlich. Es ist diese Beobachtung auch deshalb interessant, weil trotz der (schwachen) Sonnenbedeckung (S_3) am oberen Standorte fast derselbe Wert von $I_d : I$, wie unten gefunden wurde (1 : 2·90 unten, 1 : 2·85 oben), obgleich unten die Sonne ganz unbedeckt erschien.

Die um 2^h p. und um 3^h p. ermittelten Intensitätswerte zeigen direkt schon die Übereinstimmung mit den Beobachtungsergebnissen der oben mitgeteilten Tabelle.

Cañon — Washburne.

Cañon				Mt. Washburne			
9^h a. S_4 B_0	I_g	1·084	$I_d : I_s = 1:2·89$	S_4 B_3	I_g	1·133	$I_d : I_s = 1:2·91$
	I_d	0·278			I_d	0·290	
	I_s	0 806			I_s	0·843	
10^h a. S_4 B_0	I_g	1·128	$I_d : I_s = 1:2·60$	S_4 B_1	I_g	1·234	$I_d : I_s = 1:3·40$
	I_d	0·313			I_d	0·280	
	I_s	0·815			I_s	0·954	
11^h S_4 B_1	I_g	1·278	$I_d : I_s = 1:2·34$	S_4 B_1	I_g	1·582	$I_d : I_s = 1:3·45$
	I_d	0·382			I_d	0·355	
	I_s	0·896			I_s	1·227	

Diese drei Beobachtungsreihen stimmen sehr gut mit allen früheren Beobachtungen, sowohl was die Gesamtintensität als was das Verhältnis der Stärke des diffusen zum direkten Lichte anlangt.

Hier möchte ich noch eine Bemerkung einschalten über eine mir sehr merkwürdig erscheinende Tatsache, welche zunächst sowohl aus den Daten für Mammoth Hot Springs — Mt. Ewerts als aus denen für Cañon — Mt. Washburne hervorgeht.

Nach den auf dem Mt. Ewerts gemachten Beobachtungen sinkt von 11^h a. auf 12^h m. bei steigender Intensität der direkten Strahlung die Intensität des diffusen Lichtes und es steigt bei sinkender Intensität sowohl der Gesamtstrahlung als der direkten Strahlung zwischen 2 und 3^h p. die Stärke des diffusen Lichtes.

Ähnliche Beobachtungen ergaben sich auf dem Mt. Washburne. Von 9 bis 10^h a. stieg bei (S_4) die Intensität des Gesamtlichtes und die Intensität der direkten Strahlung (von 1·133 auf 1·234, beziehungsweise von 0·843 auf 0·954); aber die Intensität des diffusen Lichtes sank in diesem Zeitraume von 0·290 auf 0 280. — Von 10 auf 11^h (ebenfalls bei S_4) stieg die Intensität des Gesamtlichtes

[1] L. c., p. 171.

von 1·234 auf 1·582 und die Intensität der direkten Strahlung von 0·954 auf 1·227. Diese große Steigerung der Intensität der Strahlung war aber von einer geringen Steigerung der Stärke des diffusen Lichtes begleitet.

Es steigt also mit der Zunahme der direkten Strahlung die diffuse in einer viel langsameren Progression, ja wie die Beobachtung lehrt, so kann sogar bei steigender Lichtstärke sich eine Depression im Gange der diffusen Strahlung einstellen.

Ein Analogon hiefür erblicke ich in Beobachtungen von Bunsen und Roscoe[1], welche unter sonst gleichen Verhältnissen bei unbedeckter Sonne gleichfalls gefunden haben, daß bei hohen Sonnenständen die Intensität der direkten Strahlung mit der Sonnenhöhe in einer stärkeren Progression steigt als die Intensität des diffusen Tageslichtes, ja, daß bei hohen Sonnenständen sogar eine Depression der Intensitätskurve sich einstellt.

Indem ich, durch die eben mitgeteilten eigenen Beobachtungen geleitet, die Intensitätswerte der oben mitgeteilten Tabelle durchgehe, ergeben sich mancherlei Bestätigungen des vorhin ausgesprochenen Satzes.

In Cañon schwankte die Intensität des Gesamtlichtes (bei S_4) zwischen 1·084 und 1·582 und die Intensität des direkten Lichtes zwischen 0·806 und 1·242, hingegen die Intensität des diffusen Tageslichtes nur zwischen 0·278 und 0·382.

In Old faithful bewegte sich die Intensität des Gesamtlichtes (wieder bei S_4) in der Zeit von 11^h a. bis 1^h p. zwischen 1·588 und 2·083 und die Stärke der direkten Strahlung zwischen 1·240 und 1·658, während die Intensität des diffusen Tageslichtes sich tief unten hielt und sich nur innerhalb der Grenzen 0·348—0·425 bewegte.

Nicht so deutlich wie auf großen Höhen, aber immer noch erkennbar, bewährt sich obiger Satz auf minder bedeutenden Höhen, z. B. in Mammoth Hot Springs, wo am 30. August (bei S_4) zwischen 11 und 12^h m. die Gesamtintensität von 1·220 auf 1·420 und die Intensität des direkten Lichtes von 0·880 auf 1·056 stieg, während die Stärke des diffusen Lichtes sich nur von 0·340 auf 0·364 erhöhte.

Viel weniger deutlich machten sich diese Verhältnisse auf geringeren Seehöhen bemerklich.

Die zuletzt genannten Beobachtungen Bunsen's und Roscoe's und die meinen eben vorgetragenen lassen sich vereinigen: Bei großen Sonnenhöhen und gleichzeitig großer Bodenerhebung wird die Verringerung der Intensität des diffusen Lichtes im Vergleiche zum direkten besonders stark hervortreten müssen, weil bei großen Sonnenhöhen und unbedeckter Sonne eine Schwächung des diffusen Tageslichtes sich bemerkbar macht und nach der oberen Grenze der Atmosphäre zu eine Abnahme des diffusen Lichtes eintreten muß, da die Intensität des diffusen Lichtes dort den Wert Null erreicht. Je größer also die Sonnenhöhe ist, desto deutlicher muß sich mit zunehmender Seehöhe die Verringerung der Stärke des diffusen Tageslichtes bemerklich machen.

Über die Beziehung der chemischen Lichtintensität zur Seehöhe liegen bisher nur vereinzelte Beobachtungen vor, auf welche ich schon in meinen »Beiträge zur Kenntnis des photochemischen Klimas von Wien, Kairo und Buitenzorg« [2] aufmerksam gemacht habe. Auf meine Veranlassung hat nämlich Dr. W. Figdor diesbezügliche Beobachtungen auf dem Sonnblick (3103 *m*) angestellt. Es gelang ihm aber damals, nur eine einzige Beobachtung bei S_4 zu machen, welche aber deutlich zeigte, welche Erhöhung die chemische Lichtintensität auf großen Seehöhen erreichen kann. Aber auch die bei halbbedeckter Sonne erzielten Intensitätswerte ergaben, wenigstens im Durchschnitte, eine bei gleicher Sonnenhöhe mit der Seehöhe erfolgende Steigerung der chemischen Lichtintensität.

---

[1] Pogg. Ann., Bd. 108, p. 193 ff.

[2] L. c., p. 144.

Es wurde auch rechnungsmäßig versucht, die Zunahme der chemischen Lichtintensität mit zunehmender Seehöhe zu bestimmen. Es hat Holetschek[1] die von Roscoe auf geringen Seehöhen ermittelten Intensitätswerte auf große Seehöhen aus der Änderung des Barometerstandes gerechnet. Er berechnete die Intensitätswerte für Heiligenblut unter Zugrundelegung eines mittleren Barometerstandes von 650 *mm*. Nach dieser Berechnung würde die Intensität des gesamten Tageslichtes bei unbedeckter Sonne am 21. Juni zu Mittag 132 Lichtgrade[2] betragen, am 20. März und 23. September 73 und am 21. Dezember 10. Holetschek rechnet aus den Bunsen-Roscoe'schen Tabellen die korrespondierenden Werte für Wien um und erhielt für den 21. Juni (12^h) 117, für den 20. März und 23. September 62 und für den 21. Dezember 7 Lichtgrade, so daß die Differenz zwischen der in Heiligenblut und der in Wien herrschenden chemischen Lichtintensität an den genannten Tagen 15, 11 und 3 Lichtgrade betragen würde.[3]

Andere Angaben über die Änderung der chemischen Lichtintensität mit der Seehöhe sind mir nicht bekannt geworden.

Wenn auch die vorliegenden Beobachtungen wie alle anderen einschlägigen Bestimmungen der chemischen Lichtintensität, die von den verschiedensten Beobachtern ermittelt wurden, mancherlei Unregelmäßigkeiten in sich schließen, welche auf zumeist der Wahrnehmung sich entziehende Zustände der Atmosphäre zurückzuführen sind, so stehen sie doch im Einklange mit dem Satze, daß die chemische Intensität des gesamten Tageslichtes im Durchschnitte mit der Sonnenhöhe wächst, unbedeckte Sonne vorausgesetzt.

Mit der gleichen Sicherheit wie dieser Erfahrungssatz lassen sich aus unseren Beobachtungen folgende Sätze ableiten:

1. Bei unbedeckter Sonne nimmt die Intensität des Gesamtlichtes mit der Seehöhe zu.

2. Unter diesen Umständen steigt auch die Intensität des direkten Sonnenlichtes mit der Seehöhe.

3. Die Intensität des diffusen Lichtes nimmt bei konstanter Sonnenhöhe und gleichfalls bei unbedeckter Sonne mit der Seehöhe ab. Diese Tatsache wird verständlich, wenn man beachtet, daß an der oberen Grenze der Atmosphäre die Intensität des diffusen Lichtes den Wert Null erreichen muß.

4. Die Kurve der Intensität des direkten Sonnenlichtes nähert sich bei konstanter Sonnenhöhe mit zunehmender Seehöhe immer mehr und mehr der Kurve der Intensität des gesamten Tageslichtes. Es geht dies eigentlich schon aus dem Satze 3 hervor und leuchtet auch ein, wenn man beachtet, daß an der oberen Grenze der Atmosphäre beide Kurven zusammenfallen müssen, von wo an die Intensität des Lichtes konstant wird.

5. Die Intensität des diffusen Lichtes steigt im Laufe eines Tages auf großen Seehöhen (bei unbedeckter Sonne) nicht in dem Maße als die Intensität des direkten Sonnenlichtes wächst. Nach den früheren Sätzen wird es begreiflich erscheinen, daß mit steigender Intensität des direkten Sonnenlichtes (also bei steigender Sonnenhöhe) eine Abnahme der Stärke des diffusen Lichtes eintreten kann. Diese Depression wird sich um so mehr bemerklich machen, je größer die Sonnenhöhe und je größer die Seehöhe des Beobachtungsortes ist.

Der kombinierte Einfluß von Sonnen- und Seehöhe auf die Depression der Stärke des diffusen Lichtes hat seinen Grund einerseits in der schon von Bunsen und Roscoe wahrgenommenen Thatsache, daß bei sehr hohen Sonnenständen die Intensität des diffusen Tageslichtes nicht im Verhältnisse zu der

---

[1] J. Holetschek, Tabellen der chemischen Lichtintensität für die geographische Breite von Wien. Photographische Korrespondenz, Wien 1877, p. 49 ff.

[2] Im Sinne der älteren photochemischen Arbeiten von Bunsen und Roscoe.

[3] S. auch Eder, Handbuch der Photographie I (Halle 1892), p. 327 ff.

des direkten steigt und sogar bei weiterer Zunahme der direkten Strahlung etwas sinken kann, andererseits in unseren auf großen Seehöhen gemachten Beobachtungen, welche in obigen Sätzen vorgeführt und erklärt wurden.

6. Einige der hier mitgeteilten Beobachtungen lassen annehmen, daß über dem Meere unter sonst gleichen Umständen die Intensität des Gesamtlichtes größer ist als auf dem Festlande und daß dieser Überschuß an Licht auf das diffuse Licht zu setzen ist. Weiter fortgesetzte Beobachtungen werden zu entscheiden haben, ob diese auf einige wenige gelegentliche Beobachtungen gestützte Aussage sich allgemein bewähre. Ihre Richtigkeit vorausgesetzt, wäre die über dem Meere herrschende Verstärkung des diffusen Lichtes ausschließlich oder doch vorwiegend auf den Umstand zurückzuführen, daß die Meeresoberfläche mehr Licht als der Erdboden reflektiert und dieser Überschuß an Licht durch neuerliche Reflexion in der Atmosphäre zur Vermehrung des Gesamtlichtes und speziell des diffusen Anteiles des letzteren beiträgt.

7. Einige der mitgeteilten Beobachtungen bestätigen die von mir an anderen Orten, besonders auffallend in Kairo festgestellte Tatsache, daß selbst bei unbedeckter Sonne das Maximum der chemischen Intensität des Gesamtlichtes nicht immer auf den Mittag fällt.

Mein verehrter Freund, Herr Hofrath E. Weiß, Direktor der k. k. Wiener Universitäts-Sternwarte, hatte die Güte, aus unseren Beobachtungen die in obigen Tabellen enthaltenen Sonnenhöhen zu rechnen, wofür ich hiermit meinen herzlichsten Dank ausspreche.